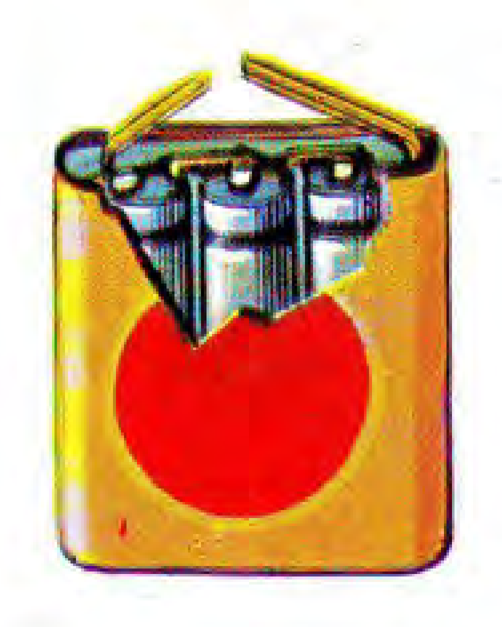
سلسلة من كل علم خبر

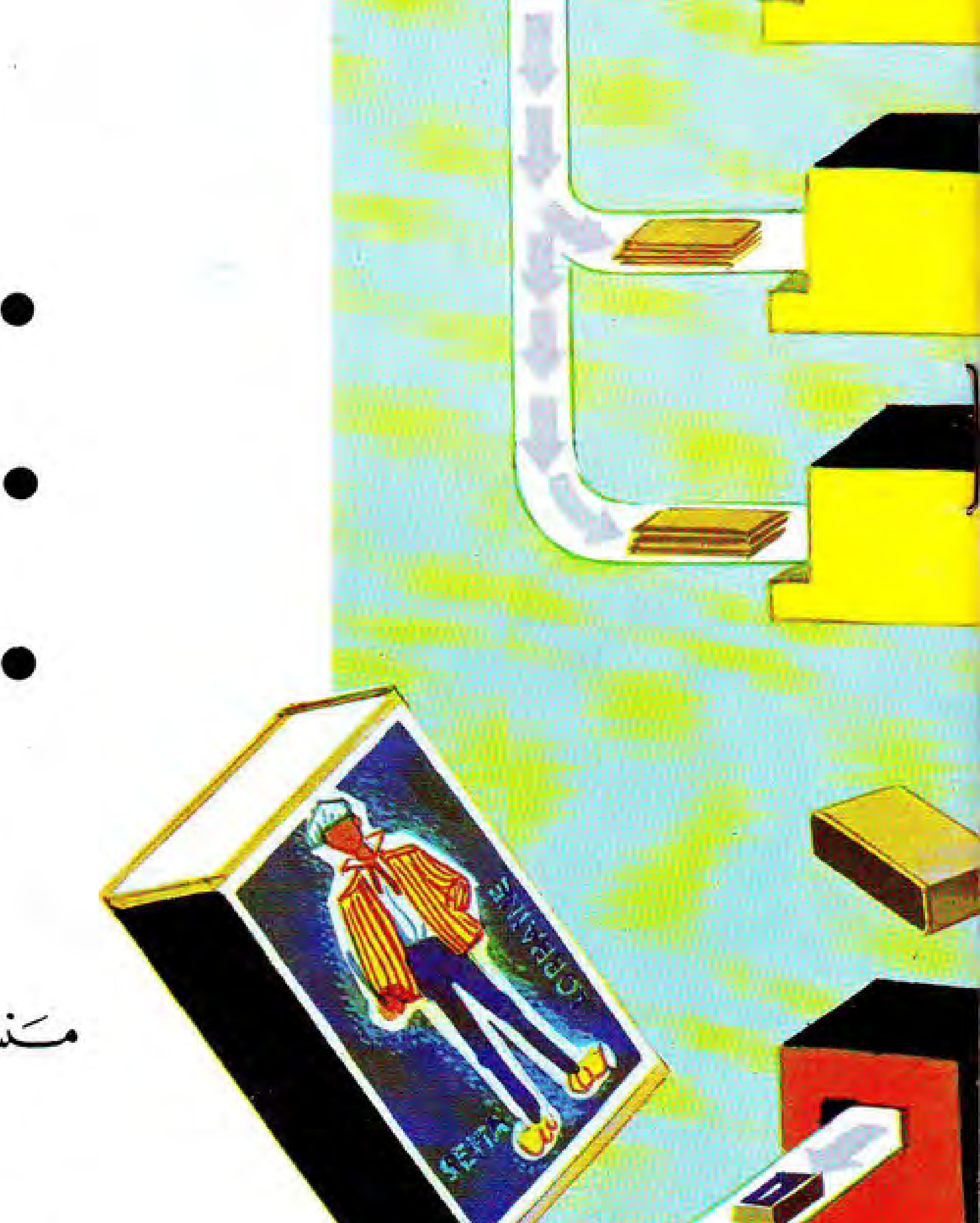
الاكتشافات الكبيرة

مِنَ الحِرَفِ اليدويّة إلى الصّناعة

(١٤)



- بطاريّة "فولتا"
- عيدان الثّقاب
- السّكك الحديديّة والقاطرة البخاريّة



منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٢٢٦٠٨٥-٢٣٨١٨١

Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette



لَفَتَ اختراع « فُلطا » انتباه بونابرت ، فاستدعاه القنصل الأوّل الى باريس ، الى « قصر التويلري » ، عام ١٨٠١ ، حيث طلب منه أنَّ يشَغِّلَ بطَّاريَّته ، أمام لجنة علميّة ، مؤلَّفة من بعض أعضاء المعهـد .

بطاريّة "فولتا" ، جدّة بطاريّاتنا الجافّة

قيل عن « غَلفاني » ، « إنّه قد علَّم الضفادعَ الرقصَ » ؛ لأنَّه عمِل ، سحابةَ سنَوات ، وخِلالَ عشَرات التجارب المختلِفة ، على ترقيص أَفخاذِ الضفادع المشرَّحة ، عندما كان يلمُسها بمعادنَ متنوِّعة . أَثارتْ إنتفاضاتُ أفخاذِ الضفادِع تلك ، إهتمامَ علَماء الفيزياء في أيّامـه ، كما أثارت نقاشاً (١) علميَّاً حادّاً : أَلا تكونُ هنـاك « كهرباء حيوانيّة » ، خاصّةٌ بالكائناتِ الحيَّـة ، شبيهـةٌ بالسائِب (٢) العصَبيّ ، مختلفةٌ

في نوعِها عن الكهرباء التي تظهر في أثناء العواصف ، وعن تلك التي كان بالإمكان إنتاجُها بالحيلة ؟ أمّا « غلفاني » ، فقد كان مقتنعاً بذلك ، الاقتناعَ كلَّـه .

كان مُواطنُه ، « أَلِسَّنْدُرو فُلطـــا (١٧٤٥ – ١٨٢٧) مخترِعاً شهيراً يَدين [٣] له العِلْمُ بعددٍ من الأجهزة العِلميّـة المدهشة . ولذا ، فقد عكَفَ [٤] على ملاحظات زميله « غلفاني » ، يفكّرُ ويبحث ، وفي اعتقاده أنّ « الكهرباءِ الغلفانيّة » لا تختلفُ البتّةَ عن الكهرباء « العاديّة » . فقادتْه إحدى تجاربه العظيمـة إلى أنْ يُلاحظَ أنَّ الكهرباء يمكنُ أنْ تظهرَ ، بمجرَّدِ تلامُسِ معدِنين مختلفَين ، كالنحاس والزنك والفضّة والذهب . كما لاحظ أنَّ تلامُسَ ناقِلين مختلفَين ، « ناقل جافٍ » و « ناقِل رطب » ، يُحدث انسياب السائِب الكهربائيّ ، أو جرَيانـــه .

كانت ظاهرةُ غلفاني إذاً مستقلَّةً تَمامَ الاستقلال عن ضفدعته : وما كانت الضفدعة غيرَ واسطة لبُروزِ هذه الظاهرة . لم تكن الكهرباءُ ناتجةً عن الضفدعةِ بأيِّ شكل ، بل كانت ناتجةً عن المعادن التي كانت تلامسُ أَعصابَ الضفدعة . هكذا ساق البحثُ « فُلطا » إلى أنْ يحقّقَ ، سنة ١٧٩٩ ، جهازاً مؤلَّفاً من سَتفةٍ من الاسطوانات الفضّيّة والزنكيَّة المتحالفة ، والمجموعة اثنتَين اثنتين ، تفصل الزوجَ عن الزوج الذي يليـه ، دائرةٌ من اللَبَّاد المشرَّب بماءٍ حِمضيّ . فإذا وُصِلت أولى اسطوانات العمود وهي (الفضيّة) ، بآخر اسطوانة فيه (وهي الزنكيّة) ، بواسطة سلكٍ ما ، مرَّ في ذاك السلك تيّار...

عُرِضت « بطّاريّة فُلطا » هذه ، في مطلع عام ١٨٠٠ ، فأَمَّنت لصاحبها الشهرةَ والمجد . حتّى ذلك التاريخ ، لم تكن زجاجة « ليدي » المعروفة « بالجرّة الكهربائيّة ، » ولم تكن آلاتُ الحكّ ، كآلة « رافِسْدن » ، قد استطاعت أن تعطي أكثر من دُفعاتٍ كهربائيّـة متقطّعة . أمّا الآن ، فقد صار بالإمكان توليدُ تيّارٍ كهربائيّ متَّصل . « ببطّاريّة فُلطا » ، وُلِدت وسيلة درسٍ جديدة ، ستكونُ مُنطَلَقاً لتطبيقاتٍ لا حصرَ لهـــا !

ما عُرِفَت البطّاريّة ، حتى غدَت موضوع تجاربَ مدهشة : فعندما كانت

تُسلَّط البطّاريّة على جثثٍ لم يمُرَّ على وفاة أصحابها غيرُ ساعات ، « كانت هذه الجُثَثُ تنتصِب ، وتحرِّك أطرافَها ، وتتلوّى بشكل مخيف » ...

ذاعت شهرة « فُلطا » ، وغمرَه بونابَرت بمظاهر التكريم والتقدير ، ودعاه إلى قصر « التويلري » عامَ ١٨٠١ ، ليقومَ باختباراتهِ ، أمامَ لَجنة خاصّة من معهد العلوم ، ثم خصّه بمنحة شهريّة منتظمة ، ورفعَه الى منصب مَشْيَخَةِ (٥) مملكة إيطاليا ، ومنحَهُ لقب « كُونت » . بعد ذلك بقليل ، أمر بونابرت بأنْ يُجَهَّزَ معهد الهندسة العالي (معهد البوليتكنيك) ، ببطّاريّة ضخمة من ستِّ مئة عنصر أو اسطوانة . وفي انكلترا ، صُنِعَت بطّاريّة أخرى أضخم من السابقة ، بلغ عددُ عناصرها الألفَين ، وقُدِّمت إلى « ديفي » ، الذي استطاع بفضلها ، عام ١٨١٢ ، أنْ يُفَجِّرَ بين فحمتَيها قوساً كهربائيّة .

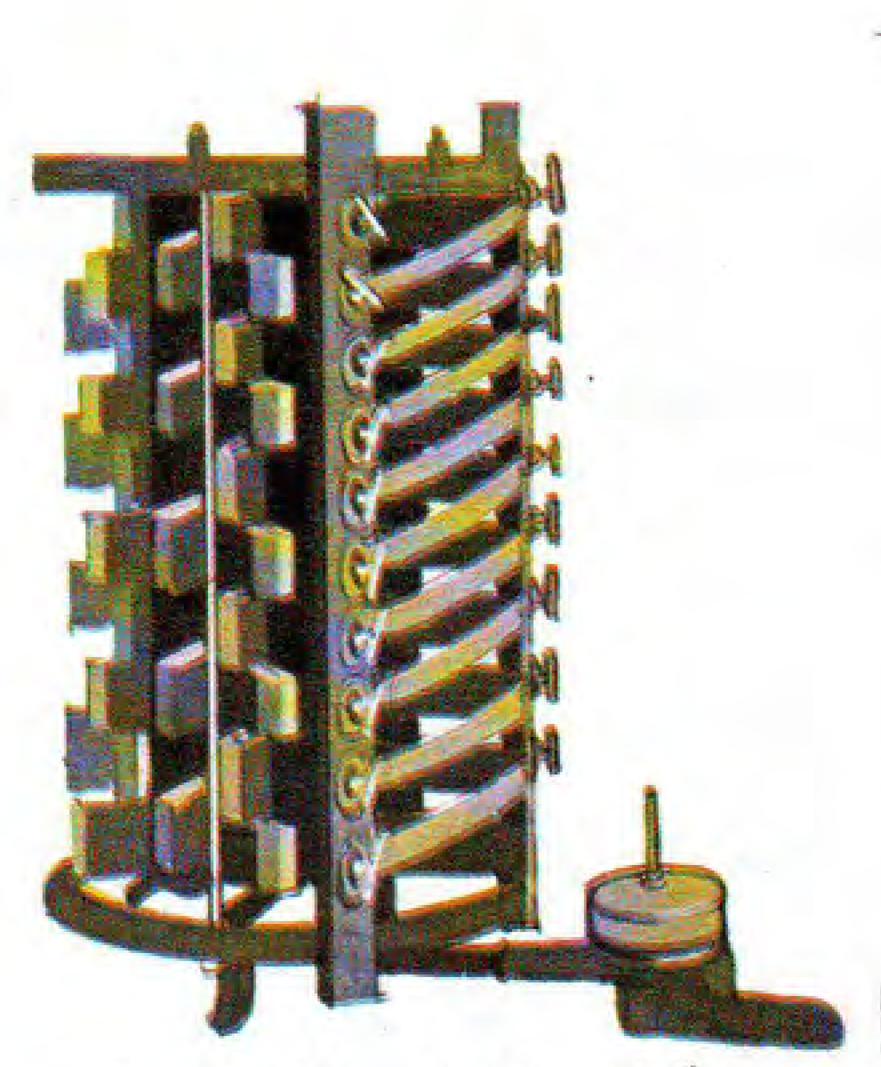
أمّا اليوم ، فبين أيدينا ، وفي خدمتنا ، نماذجُ متعدِّدة من البطّاريّات ، منها البطّاريّات الجافّة المصنوعة لمصابيح الجيب ، ولأجهزة الراديو و « الترانزستور .

بطّاريّة ذات أوعية منفصلة ، في مجموعة

بطاريّة غستون بلانتي ١٨٨٠

كبسولة من نحاس
قضيب غرافيت
إلكتروليت
مانع للاستقطاب
انبوبة زنك

بطّاريّة جافّة



بطّاريّة حراريّة كهربائيّة تحمّى بالغاز

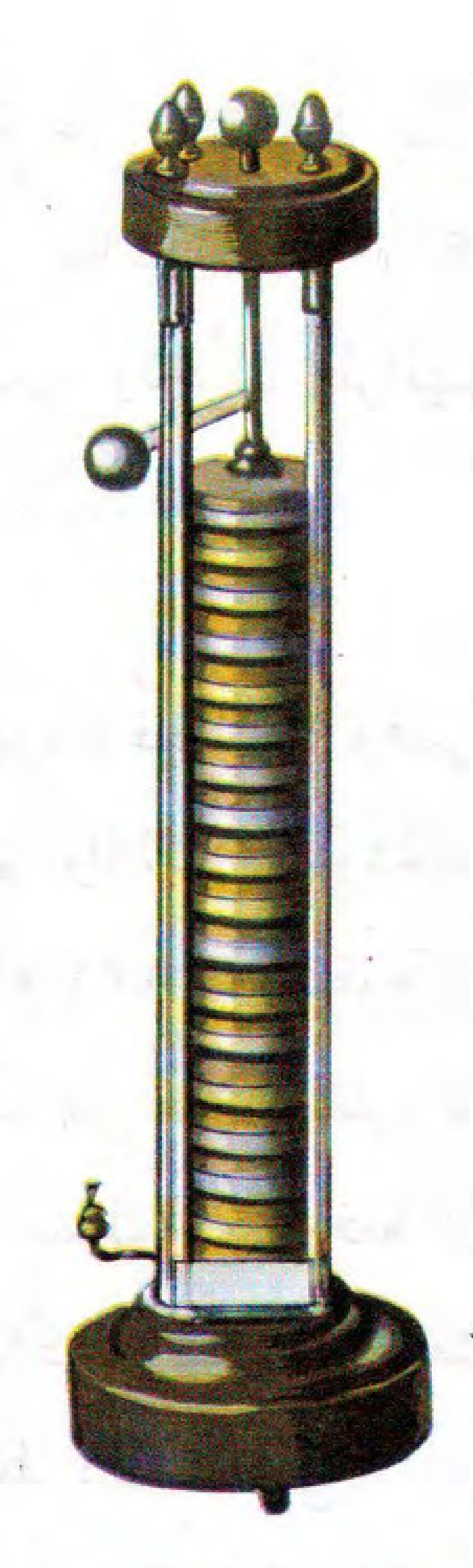
بعضُ نماذج من البَطّاريّات . تتولّدُ الطاقة الكهربائيّة في بطّاريّاتنا الجافّة العاديّة الحديثة ، كما كانت تتولّد في بطّاريّة « فُلطا » ، من تفاعُل كيميائيّ يرافقُه تحرُّرُ إلكترونات ؛ إلاّ أنَّ السائل الذي تحتويه ، يبقى مستقرّاً جامداً ، بفضلِ إحدى الموادّ الماصّة ، كنُشارة الخشب ، أو أيّ مادّة أخرى جيلاتينيّة .

التفسير

١ – نقـاش : خلاف في الرأي ، والتعبير عنـه .
٢ – السائب : ما ليس جامداً أو غـازاً .
٣ – يدين لـه العلم : يعترف له بديَن أو فضـل .
٤ – عكف على : مـال الى ، أكبَّ على .
٥ – منصب مشيخة : رتبـة تعطي صاحبها حق عضويَّـة مجلس الشيـوخ .

الاسئلة

١ – ماذا لاحظ « غلفاني » على أفخاذ الضفادع ؟ وكيف فسَّر ذلـــك ؟
٢ – ماذا لاحظ « فُلطا » بشأن الكهرباء ؟ وكيف فسَّر ظاهره انتفاض أفخاذ الضفادع ؟
٣ – صف بطاريّة « فُلطا » .
٤ – ما الجديد الذي وفَّرتـه هذه البطَّاريّة ؟
٥ – هل كان بونابرت يقـدِّر العلماء ؟ أثبت ذلـك .



بطّاريّة فُلطا ١٨٠٠



بيـع عيدان الكبريت



عِيدانُ الثِّقاب

كانت عيدانُ الثقاب الأولى تلك القطعَ الخشبيّـة الصغيرة الطريئة التي كُبْرِت [1] طرفاها ، وراح الباعة المتجوّلون يبيعونها في شوارع روما القديمة . (كانت روما تستقدم الكبريت من الأراضي الكبريتيّة في صقلّيـة) . طبعاً لم تكن هذه العيدانُ تشتعل من ذاتها ، بل كانت وظيفتُها نقلَ النار من موقد إلى آخر .

لم تظهر عيدان الثقاب الحقيقيّـة الأولى المعروفة « بالكيميائيّة » ، الاّ في القرن التاسع عشر . فسنة ١٨٠٥ خطر للكيميائيّ الفرنسيّ « شَنسِل » أن يَطلي طرفاً من أطراف الأرومات [2] المعدّة للأحراق ، بمعجون مكوَّن من الكبريت و « كلورات البوتاسيوم » يشتعل إذا لامسَتْه خرقةٌ مبلولة بحامض الكبريت ؛ ولم يكن هذا المعجون يخلو من الخطر بالنسبة إلى من يستعمله . وسنة ١٨١٦ ، صنع « ديرون » عودَ الثقاب الفسفوريّ الذي يشتعل بالحكّ ، وسرعان ما تبيّن أنَّه غيرُ عمليّ تمامّاً . وعام

١٨٣١ ، توصّل كلٌّ من الفرنسيّ « شارل صوريا » ، والنمسويّ « فون رومر » – وقد عمل كلٌّ منهما في ناحيته – إلى ما هو أفضل كثيراً ، إذ زوّدا العود « بزر » مركّب في الأساس من الفُسفور الأبيض وكلورات البوتاسيوم . بذلك تمَّ إرساءُ [٣] المباديءَ الأساسيّة ، لصناعة عيدان الثقاب ، ولم يبق إلاّ أن تُطَوَّر التحسينات التي ستظهر خلال الأعوام التالية .

وأهمّ ما سيتناوله البحث العلميّ الفسفور الأحمر ، وهو تَوْءَم الفسفور الأبيض الذي استُعمِل حتى ذلك التاريخ ، بالرغم ممّا كان يرافق استعمالَه من عقَبات [٤] ومخاطر ، نظراً لسُرعة التهابه البالغة ، وللأذى الناتج عن معالجته . سنة ١٨٧٠ صُنِعت العيدان التي عُرِفَت « بعيدان الأمان » الخالية من الفسفور والتي ما كانت تشتعل الاّ بعد حكّها بمِحَكّ داخلَه فسفورٌ أحمر . وأخيراً عام ١٨٩٧ ، استعمل الفرنسيّان « سيفن » و « كاهِن » « سيسكيسلفور الفسفور » لصناعة العيدان التي تشتعل عند ملامسة أيِّ سطح خشن .

في فرنسا ، حيث صناعة عيدان الثقاب وبيعها موضوعا احتكار ، لم تعد مصلحة استثمار صناعة التبغ وعيدان الثقاب (SEITA) تُنتِجُ غيرَ عيدان أمان .

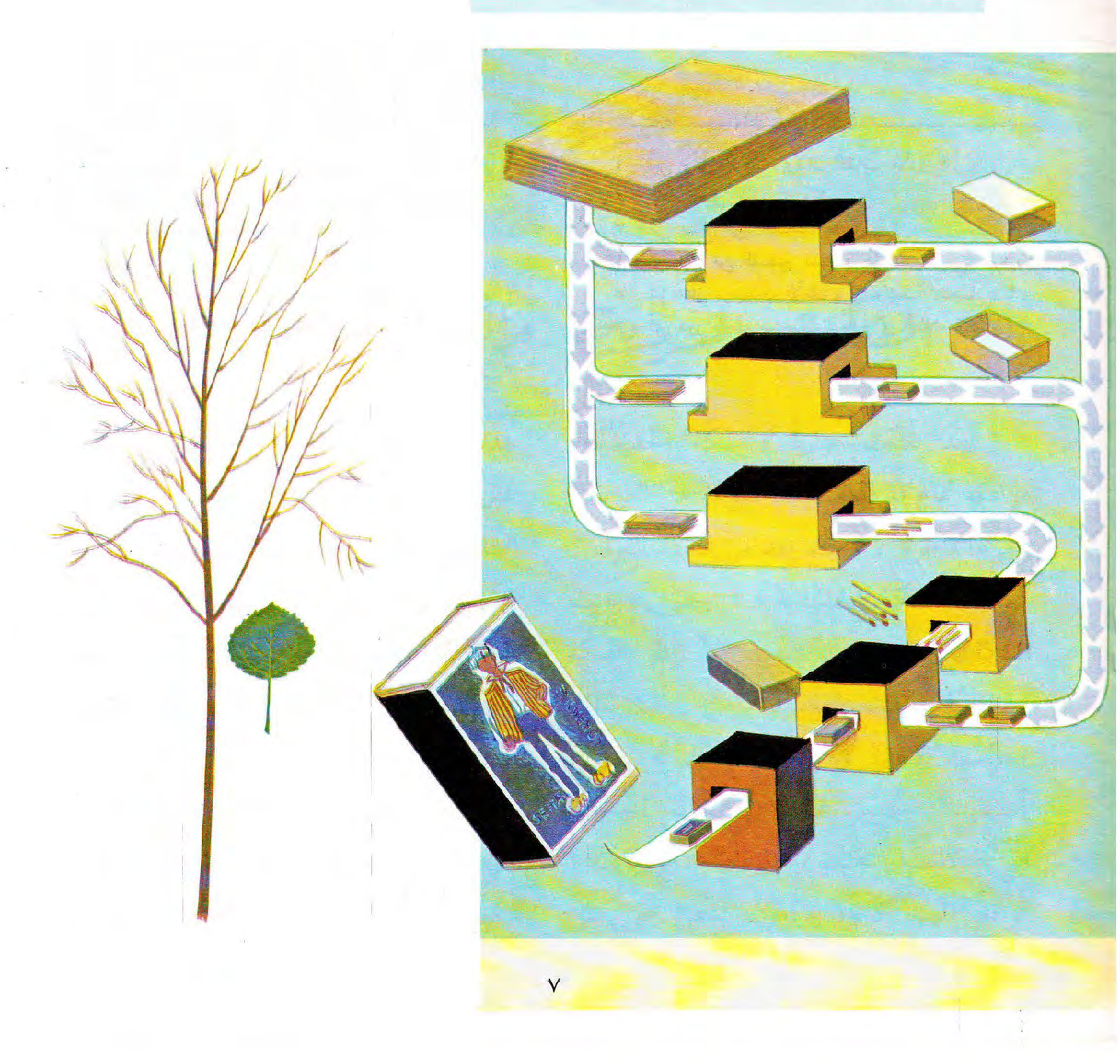
فزِرُّ العود مركّب تركيباً معقدّاً ، لانَّ المزيج الذي يُطلى به طرفُ العود ، بعد بَلِّه بالبارافين الذي ينقل اللّهَب إلى الخشب ، لا يتضمّن أقلّ من ست مستحضرات معدّلة [٥] تعديلاً علميّاً دقيقاً وهي : كلورات البوتاسيوم ، وبيأوكسيد المغنيزيوم وبيكرومات البوتاسيوم ، وسلفور الأثمد (antimoine) والجيلاتين ومسحوق الزجاج الذي يقوم بدور الحك ويعطي الزرّ الخشونة المطلوبة . هذا مع العلم بان خشب الحور المستعمَل من نوع ممتاز يُختار بدقّة . أمّا مَحَكُّ [٦] العلبة التي تُباع فيها العيدان ، فهو مركّب من فُسفور غيرِ متبَلوِر ومن مادّة خشنة حاكّة جَمَع بينهما صَمغ .

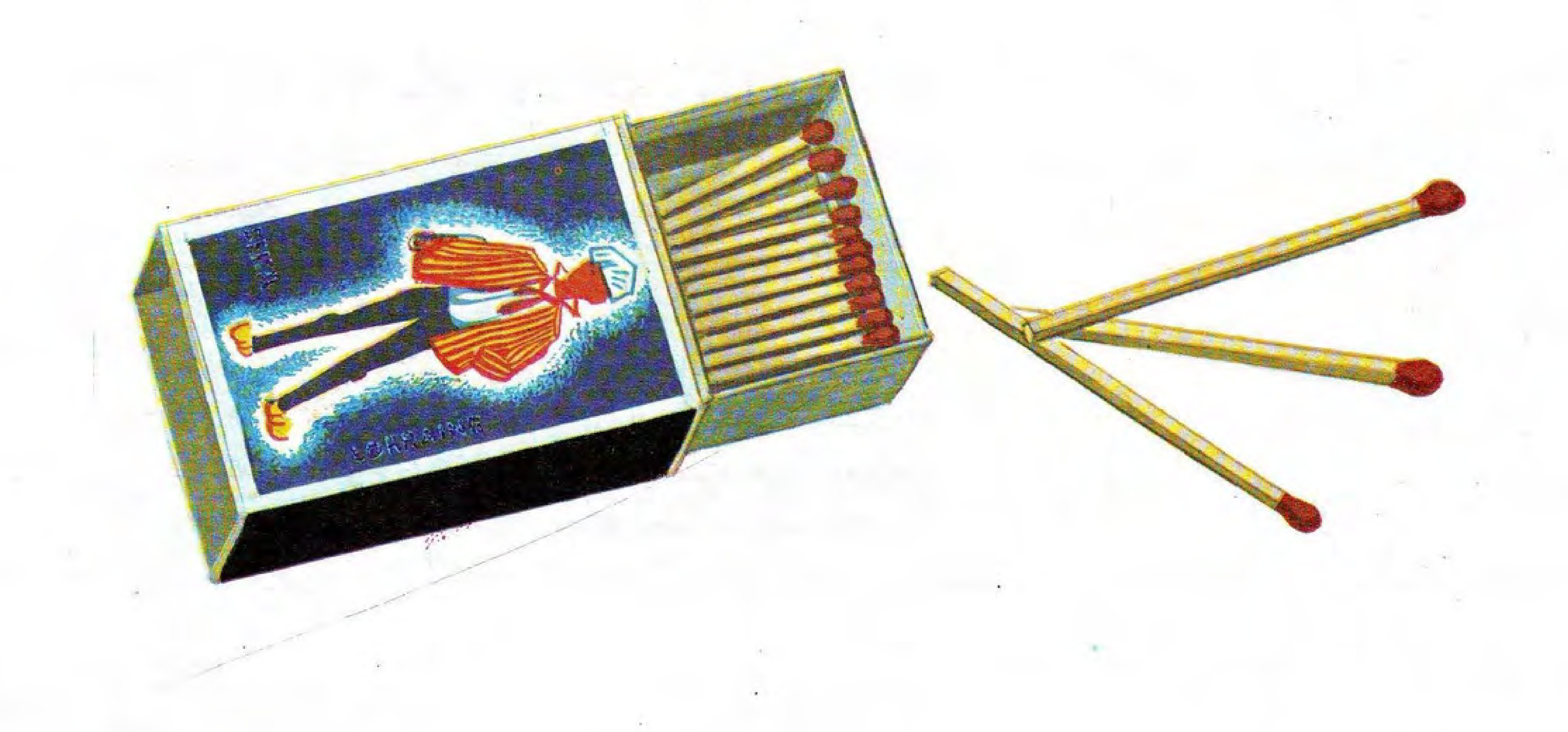
والجدير بالذكر أنّه بالرغم من المنافسة التي تقوم بها القدّاحة ، وبالرغم من حلول عهد الطبّاخ الكهربائيّ وفرن الغاز ذي الإشعال الآليّ ، لا يزالُ استهلاكُ عيدان الثقاب السنويّ في العالم ضخماً جدّاً ، فهو في فرنسا مثلاً يبلغ ٨٠ ملياراً ، ويبلغ ٤٥٠ ملياراً في الولايات المتحدة ...

صورة بيانيّة لصناعة عيدان الثقـاب وعلبهـا .

تحت ، الى اليسار :

هيكل شجرة الحور المعتمدة لصناعة العيدان في البلدان الشماليّة بخاصة ، كما تبدو في الشتاء . — لا بد من الملاحظة هنا ، بان الكرتون يميـــل الى الحلول محـلّ الخشب في صناعة العلب . أما كيفيّة الحصول على العيـدان الخشبيّـة فتجري على النحو التالي : تبرى جذور الحور ألواحاً خشبيّـة رقيقة ، ثم تُكدَّس الألواح ثم تمرّ تحت مقصلة فتفرم عيداناً رفيعـة تنتقل الى آلـة أخرى تلبسها معجوناً يجفّ فيعرف « بالزر » أو « بالرأس » .





التفسير

١ – كَبْرتَ العودَ : طلاه بالكبريت .
٢ – الأرومة : الجُذع ، أصل الغصن .
٣ – إرساء : مصدر أرسى الشيء : ركّزه .
٤ – عقبات : جمع عقَبة : صعوبة .
٥ – معدَّلة : ممزوجة بناءً لنسب معيَّنة .
٦ – مَحَك العلبة : موضع حكِّ العيدان .

الاسئلة

١ – أين ومتى عُرفت عيدان الثقاب الأولى ؟
٢ – ماذا فَعل « شنسِل » ؟
٣ – مَن صنع عود الثقاب الفسفوريّ ؟
٤ – أيّ نوع من الفسفور استعمل أوّلاً ؟ ما هي مضارّه ؟
٥ – بم تمتاز « عيدان الأمان » ؟ وكيف تشتعل ، ؟
٦ – أيّ دور يلعب مسحوقُ الزجاج في الطلاء الكبريتيّ ؟



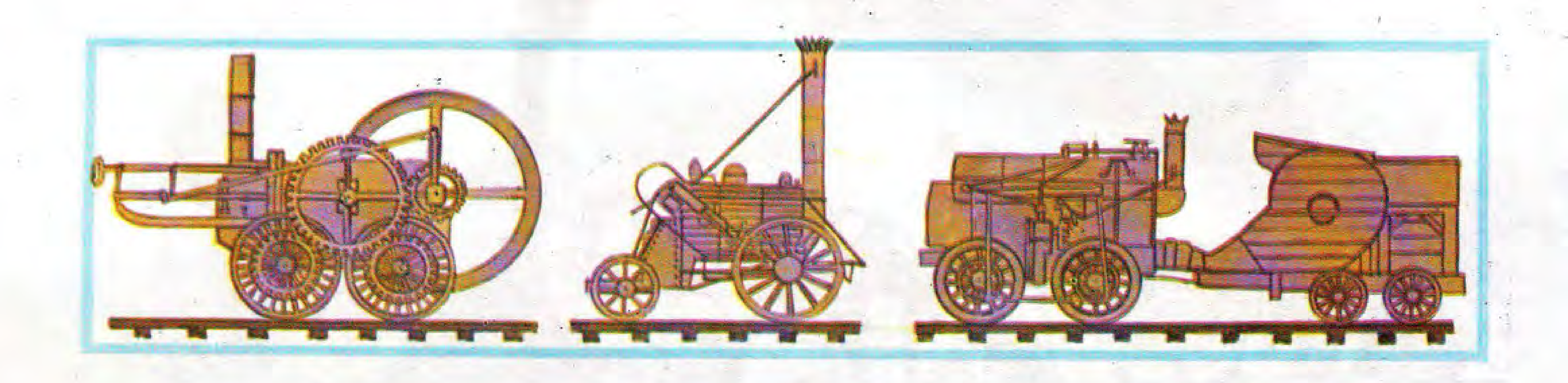
كان بعض العلماء المشهورين قد تنبّأ بموت المسافرين اختناقاً في الأنفاق ، وبتسمُّم الهواء بالدخان الناتج عن احتراق الفحم . ولذا ، عندما أراد « ستيفنسن » أن يقوم بأُولى تجارب قاطرته في انكلترا ، اضطرّ الى اعتماد أحد أبطال المصارعة الأشداء ، لتأمين حماية معدّاته . قيل عنه إنّه مجنون ، ولكنّ المستقبل أعطاه ملءَ الحق .

قطار « باريس – رُوان » (١٨٤٤)

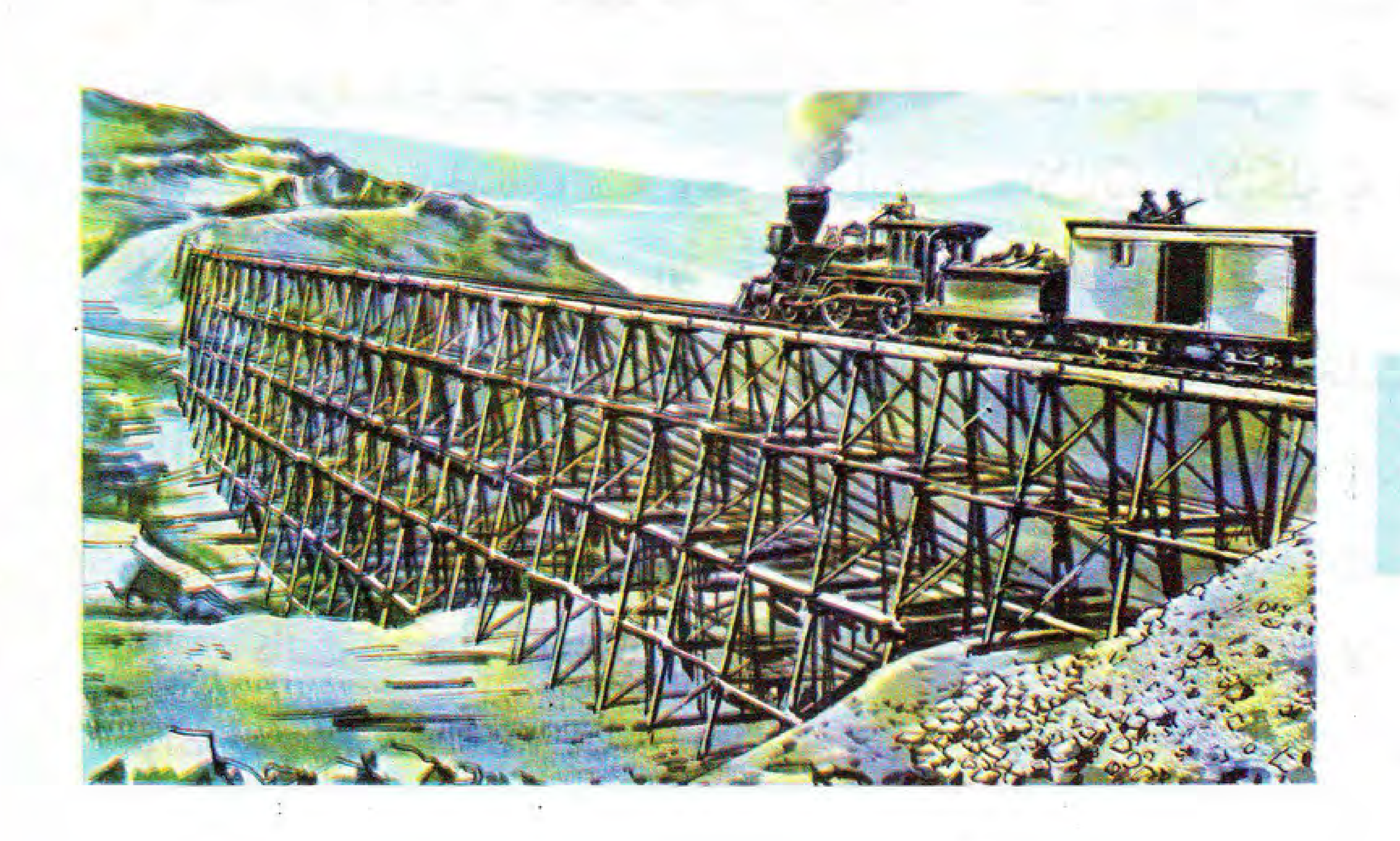
السّكّة الحديديّة والقاطِرة البُخاريَّة

لقد غدَت عبارةُ « السكّة الحديديّة » مرادفةً تمام المرادفة « لمجموعة من العربات تجرُّها قاطرة » ، فلم يعد من الخطأ القول : « ركب السكّة الحديديّة » ، وحتى « رأيت السكّة الحديدة تمرّ » ... الاّ أنّ السكة الحديديّة سبقت القاطرة بزمن . أَلَم تظهر معالمُها الأولى في العهد القديم ، بصورة أخاديد [1] حُفِرت عمداً في صفائح الحجارة التي كانت تكسو الطرقات الرومانيّة ؟ الواقع أنهم كانوا يدفعون السفن على مثل هذه الأخاديد ، لنقلها من بحر الى آخر ، عبر « برزخ كورنثيا » . ابتداءً من القرن السادس عشر ، ظهرت السكك في المناجم الالمانيّة والانكليزيّة ، تسهيلاً لحركة الطنابر المحمّلة بالفحم الحجري . صُنِعت هذه السكك من الخشب ، ثم من الحديد الصب (الفونت) .

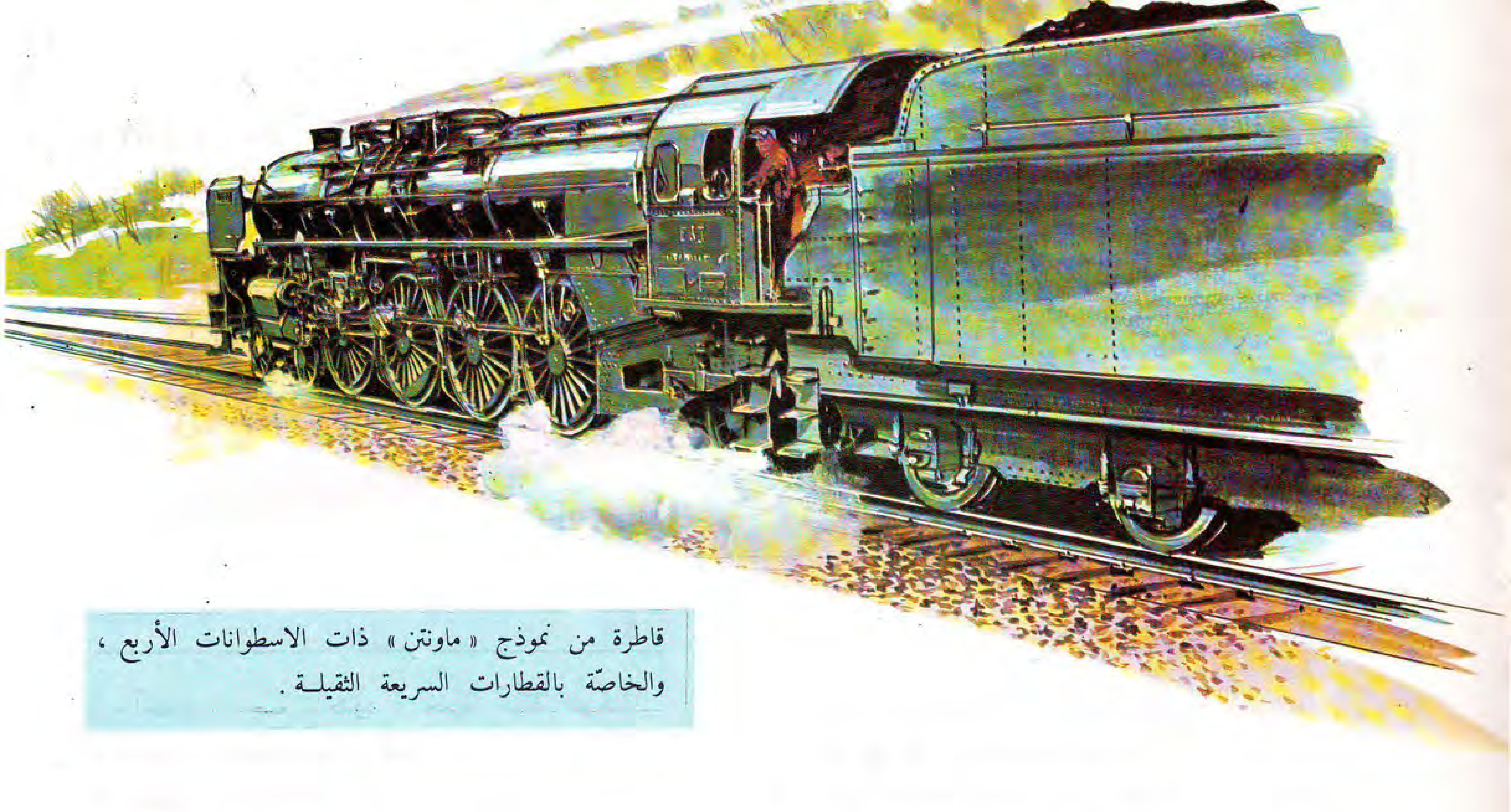
أمّا القاطرات الأولى ، فقد وُلِدت بُعَيْدَ ان بنى « نقولا كونيو » عربَتَه البخاريّة الثقيلة الأولى : كانت تلك القاطرات



عربات تتحرّك بالطريقة عينها ، وقد بناها « أولفر إلفانز » في الولايات المتحدّة (١٨٠٤) و « ريتشارد تريفيتيك » و « دي فيفيان » في انكلترا . ولقد اعتمد هذان الأخيران السككَ المستَعمَلة في المناجم . ثم قَلِق المسؤولون من انزلاق الدواليب على السكك الصقيلة ، عندما يُفَرض على العربات أن تجرّ أحمالاً ثقيلة ؛ فزوَّد « جون بَلانكنسوب » جهازَه بدولاب مسنَّن يتشبَّك بسكّة مسنَّنة ، فيما زوّد « برانتُن » جهازه بعِصيٍّ تعمَل على طريقة قوائم الفرَس ! أمّا « وليم شابمـان » فقد ألغى القاطرة بكل بساطة ، وأبدلها بمجموعة من الآلات الثابتة التي وُضِعت بين مسافة وأخرى على طول الخط ، والتي كانت تشدُّ قافلةَ العربات بواسطة حبـل ... وأخيراً لُوحِظ أنّه لو أُعطِيت القاطرةُ وزناً كافياً ، لتمكَّنت من الجَرْيِ دون التعرُّض للإنزلاق .



قاطرة « موغي تانك » التي أسهمت في ملحمة الغرب الأميركيّ بكاملهـا .



قاطرة من نموذج « ماونتن » ذات الاسطوانات الأربع ، والخاصّة بالقطارات السريعة الثقيلـة .

أمّا مبتدع الجرّ بقوّة البخار على السكّة الحديديّة ، فلسوف يكون ، في الحقيقة ، الانكليزي « جورج ستيفنسن » (١٧٨١ – ١٨٤٨) . ان ابنَ السائق البسيط العاملِ في احد المناجم ، أكبَّ على العلم بشَغَف ، وتعلّم على نفسه ، فصار مهندساً ، وبنى آلةً أولى عُرفت باسم « بلاتشر » ، وقد جُرِّبت بنجاح سنة ١٨١٤ . وما لبثت ان تَلَتها قاطرةٌ أخرى جرَّت ، عام ١٨٢٥ ، أوّلَ قطارٍ للركّاب على خطّ « ستوكتن – دَرلِنْتن » . ثم خطرت « لستيفنسن » فكرتهُ الموفّقه في توْجيه أنبوب نفْثِ[٢] البخار دَاخل المدخنة ذاتها ، ممّا ضاعف قوّة سَحب النار ، كما طبّق على آلته البخاريّة هذه مبدأَ التحمية الأنبوبيّة التي يعود فضلُ ابتكارها إلى المهندس الفرنسيّ « مارك سيفان » ، الذي ابتدع كذلك الجسور المعلقّة . ودُعِيت القاطرة المطوَّرة[٣] هذه « ذي روكت » أو « الصاروخ » . وهي ، في الحقيقة ، قاطرة قادرة على قطر حمولة تقارب ١٣٠٠٠ كيلو ، بسرعة ٢٤ كلم في الساعة ، فربحت قصب السبق في مباراة « رينهِل » عام ١٨٢٩ ، وقد توفرّت فيها عناصر القاطرات الحديثة الهامّة كلُّها .

ومن الأعمال الضخمة التي قام بها « جورج ستيفنسن » بناءُ الخط الحديديّ بين « ليفربول ومَنشِستر » (١٨٢٦ –

١٨٣٠) بكلّ ما فيه من الأعمال الفنيّة والشارات الضروريّة . هذا ، وقد لَزِم اسمَه في الشهرة اسمُ ابنه روبرت ، مخترعِ الجسور الانبوبيّة التي أكسبَتـه شهرتـه .

أوّل خط حديديّ انطلق من باريس ، كان خط « سان جرمان أنلي » الذي دشّن عام ١٨٣٧ . هذا ، ولن تلبث الخطوط الحديديّة أن تغطّي العالم بأسْره ، حتى لتُقدَّرُ شَبكتُها اليوم بأكثرَ من مليون كيلـومتر !

التفسير

١ – أخاديد : جمع أُخدود : حفرة ضيّقة طويلـة .
٢ – النَفْث : قذف البخار بقوّة .
٣ – المطوَّرة : المحسَّنـة .

الاسئلة

١ – ما هو أصل السكك في التاريخ الروماني ؟ اذكر مثلاً عليها .
٢ – من بنى أوّل عربة بخاريّـة ثقيلـة ؟
٣ – كيف حاول المخترعون منع القاطرة من الانزلاق ؟
٤ – كيف تعلّم جورج ستيفنسن ؟ وما هي الأعمال المدهشة التي حقّقهـا .
٥ – ما نفع تحويـل البخار المنفوث إلى مدخنـة القاطرة ؟

سلسلة من كل علم خبر

الاكتشافات الكبيرة



ولادة حضارة

١ - من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ - الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طيارة الورق، أكثر من لعبة بسيطة
٣ - آلات قياس الوقت • الورق، مطية الفكر • الطرقات، سبل اتصال بين الشعوب
٤ - السيطرة على المعادن • المرآة: من دنيا التبرّج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرّك
٥ - من النظارتين الى المنظار الى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحرّرنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التقنيّة تقوم بأولى تحدّياتها الكبيرة

٦ - المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ إلى ... غد
٧ - الأسلحة النارية عدّة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين، في طقم الفرس، خلاص للمرهقين
٨ - «دولاب بسكال» جدّ الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة إلى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ - التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط.

من الحِرَف اليدويّة الى الصّناعة

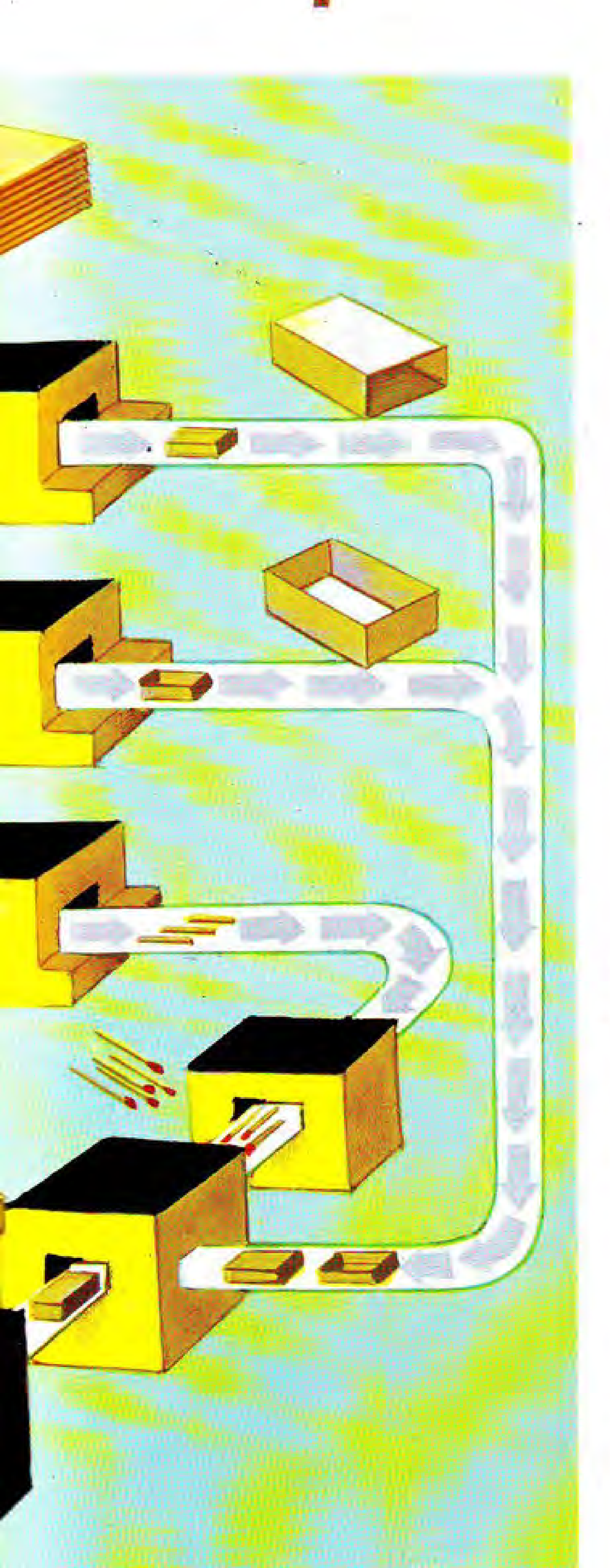
١٠ - الآلة البخاريّة • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من «السلحفاة» الى «الصاعقة»
١١ - المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة «كونيو» البخارية إلى سياراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ - الآلات الالكتروستاتية • شارل «فرنكلين» • من المنطاد إلى البالونات الفضائية.
١٣ - تلغراف «شاپ» • من النسيج البدائي الى نول الحياكة • الدرّاجة الأولى وذرّيتها.
١٤ - بطارية «ڤولتا» • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية.
١٥ - «لينيك» و«الستيتسكوب» • علب المحفوظات التي تعدّ بالمليارات • التربينات في العمل
١٦ - التلغراف الكهربائي يخترعه رسّام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء.
١٧ - لوحة الألوان المركبة • المحرك المتفجر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدر.

العالَم يُبدّل معالم وجهه

١٨ - الديناميت للسرّاء والضرّاء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ - صناعة البرد • الدينامو مولّد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن.
٢٠ - الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ - سلسلة البرد • أديسون والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي إلى الالكتروفون
٢٢ - مجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصر الحديد في البناء • انبوب أشعة إكس يقهر الكثافة.
٢٣ - من الفنكستسكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يحقق بالآمال الرحبة
٢٤ - محرك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيلينوغراف
٢٥ - زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السحرية على الشاشة الصغيرة.

من الذّرّة الى الفضاء

٢٦ - كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذرّيّة • المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات
٢٧ - الرادار الساحر • من الأنبيق القديم الى ابراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ التزنزيستور والتزنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس



أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء، وأطلق أولى السفن البخارية، والمناطيد والغوّاصات الأولى. وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصّناعيّة بفضل البخار والكهرباء والآلة، فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع: من القاطرة والسّكّة الى عيدان الثقاب، ومن التلغراف الى التصوير الشمسي، ومن الدرّاجة الى التربينة ...

تأليف : ف. لوت
رسوم : ب. بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة

Copyright: Librairie Hachette.